مقاله علمی – پژوهشی:

خشک‌کردن پساب کارخانه‌ی تولید پودر ماهی[1] با سبوس برنج به عنوان ماده‌ی کمک‌خشک‌کن و ارزیابی ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای محصول تولیدی برای استفاده در خوراک دام، طیور و آبزیان

امیررضا شویک‌لو*[۱]، سید جواد ابولقاسمی[۲]، امیرحسین علیزاده قمصری[۱]، کوروش پورعابدین[۲]، فریدون رفیع‌پور[۳]، یاسمن اعتمادیان[۳و٤]

*shaviklo@gmail.com

۱ – موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲ – گروه شیلات، واحدتالش، دانشگاه آزاداسلامی، تالش، ایران. صندوق پستی: ٤٣٧١١-٦٥١٤٣
۳ – شرکت آبزی پروتئین یاس، پارک علم و فناوری گیلان، رشت، گیلان
٤ – اداره شیلات زابل، اداره کل شیلات سیستان و بلوچستان، سازمان شیلات ایران، زابل، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱٤۰۳ تاریخ پذیرش: مهر ۱٤۰۳

چکیده

در این پژوهش، شرایط خشک کردن اقتصادی پساب کارخانه تولید پودر ماهی با سبوس برنج به عنوان ماده کمک‌خشک‌کن، مطالعه شد و ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای محصول تولیدی برای استفاده در خوراک دام، طیور و آبزیان تعیین گردید. فرآیند تولید با استفاده از یک خشک‌کن با هوای گرم در مقیاس پایلوت انجام شد. پس از نمونه‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی، با ثابت نگه‌داشتن پساب و دمای خشک‌کن، نسبت آرد سبوس برنج به عنوان متغیر فرآیند تولید در نظر گرفته شد. برای خشک‌کردن پساب از نسبت‌های۱:۰/۴۲، ۱:۰/۶۵ و ۱:۱ (وزنی/وزنی) آرد سبوس برنج به پساب استفاده شد. دمای هوای ورودی ۶۵±۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در نظر گرفته شد و گرمادهی تا رسیدن رطوبت محصول به زیر ۸ درصد ادامه یافت. درصد بازده، ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای محصول به‌دست آمده سنجیده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین بازده تولید (۶۷ درصد) مربوط به محصولی بود که نسبت سبوس برنج به پساب ۱:۱ بود. نتایج تجزیه‌وتحلیل تقریبی نشان داد که این محصول (نسبت ۱:۱) حاوی ۸/۸۲ درصد رطوبت، ۱۶/۴۵ درصد پروتئین خام، ۳۱/۵۱ درصد چربی خام، ۱۲/۱۰ درصد فیبر خام، ۸/۱۶ درصد خاکستر، ۱/۵۰ درصد کلسیم و ۲/۲۹ درصد فسفر بود. افزودن استیک‌واتر به سبوس برنج سبب بهبود معنی‌دار پروفایل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب سبوس برنج شد. انرژی قابل متابولیسم ظاهری و حقیقی محصول با استفاده از روش سیبالد و خروس‌های بالغ رُدآیلند، اندازه‌گیری شد و مقادیر میزان انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری (AME)، انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح‌شده برای تعادل صفر نیتروژن (AME_n)، انرژی قابل سوخت‌وساز حقیقی (TME) و انرژی قابل سوخت‌وساز حقیقی تصحیح‌شده برای تعادل صفر نیتروژن (TME_n)، به‌ترتیب ۴۰۱۲/۳، ۳۶۵۶/۷، ۴۴۴۷/۰ و ۴۱۷۲/۶ کیلوکالری در کیلوگرم بود. به طور کلی، با توجه نتایج این پژوهش، این فرآورده از قابلیت استفاده در تغذیه دام، طیور و آبزیان برخوردار است. این محصول را می‌توان در مقیاس صنعتی و با بازده اقتصادی مناسب در واحدهای پودر ماهی تولید کرد.

لغات کلیدی: پساب کارخانه تولید پودر ماهی، سبوس برنج، ترکیبات شیمیایی، انرژی قابل متابولیسم

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[1] Stickwater

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

مقدمه

تأمین اقلام خوراکی و هزینه بالای خوراک که اغلب ۷۰-۶۰ درصد هزینه‌های پرورش را تشکیل می‌دهد و یکی از مهم‌ترین چالش‌های پرورش دام و طیور و آبزیان در جهان است (Leeson and Summers, 2005). در کشور ما نیز کمبود منابع خوراک دام و نوسانات قیمتی آن در بازار به سبب شرایط ناگوار اقتصادی و محدودیت‌های ناشی از تحریم، امکان استفاده از منابع خوراکی جدید بومی از جمله پسماندهای شیلاتی (پساب کارخانه تولید پودر ماهی)[1] و کشاورزی (سبوس برنج) در تولید محصولات قابل استفاده در خوراک دام و آبزیان را به یکی از مهم‌ترین اولویت‌های پژوهشی در بخش کشاورزی تبدیل کرده است (Alizadeh-Ghamsari *et al.*, 2023).

پساب کارخانه تولید پودر ماهی، محلولی است که از فشردن گوشت پخته شده ماهی در فرآیند تولید پودر ماهی به‌دست می‌آید. این پساب حاوی پروتئین‌های محلول، چربی، مواد جامد نامحلول، ویتامین‌ها و مواد معدنی است و بیش از ۶۰ درصد وزن ماده خام را تشکیل می‌دهد. در کارخانجات پیشرفته تولید پودر ماهی، پس از جداسازی روغن ماهی، پساب را تغلیظ کرده و آن را به گوشت پخته و فشرده شده ماهی اضافه می‌کنند تا بر مقدار پروتئین و سایر مواد مغذی پودر ماهی بیفزاید (Shaviklo, 1996). به طور کلی، در یک فرآیند استاندارد تولید پودر ماهی از هر ۱ تن ماده خام (ماهی کامل)، ۶۸۰ کیلوگرم پساب به‌دست می‌آید که شامل ۱۰۸ کیلوگرم روغن ماهی و ۵۷۲ کیلوگرم ترکیبات محلول در آب است. مقدار تولید پودر ماهی نیز در این فرآیند ۲۱۲ کیلو گرم است (FAO, 1986). البته این اعداد بستگی به نوع ماهی نیز دارد و به طور میانگین از هر ۵ کیلو گرم ماهی ۱ کیلوگرم پودر ماهی به‌دست می‌آید. در کارخانجات تولید پودر ماهی در کشور، فرآیند تغلیظ استیک‌واتر- به‌دلیل نبود تجهیزات مربوط که بسیار گران‌قیمت هستند و اقتصادی نبودن این کار- انجام نشده و پساب تولیدی پس از جداسازی ناقص روغن از آن، باید از محیط کارخانه خارج شود (Shaviklo, 1996). هدررفت این ماده و دفع آن، علاوه بر زیان اقتصادی، مشکلات زیست‌محیطی متعددی را نیز به‌دنبال دارد (Etemadian *et al.*, 2021). برای رفع این معضل، روشی نوآورانه با بهره‌گیری از فرآیند "خشک کردن با استفاده از مواد کمک‌خشک‌کن" طراحی شد تا بتوان ضمن خشک کردن اقتصادی پساب، از آن در تغذیه‌ی دام، طیور و آبزیان استفاده کرد. گزارش شده است که پساب حاصل از فرآیند تولید پودر ماهی، می‌تواند به عنوان یک عامل چسبنده بسیار خوب در فرمولاسیون و شکل‌پذیری خوراک دام و یک جذب کننده قوی و نیز افزایش‌دهنده اشتها برای آبزیان پرورشی استفاده شود (Bechtel and Smiley, 2009).

سبوس برنج از ضایعات کارخانجات شالی‌کوبی بوده و از قابلیت استفاده در تغذیه دام و طیور و آبزیان برخوردار است (Rezaei and Karimzadeh, 2020). این ماده می‌تواند به عنوان کمک‌فرآیند یا کمک‌خشک‌کن برای خشک کردن پساب حاصله مورد استفاده قرار گیرد. دسترسی ارزان و فراوان به سبوس برنج و ارزشمند بودن آن در تغذیه دام (Vargas *et al.*, 2020) از مزیت‌های استفاده از این ماده است.

بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون گزارشی علمی در باره خشک کردن پساب کارخانه تولید پودر ماهی با استفاده از مواد کمک‌خشک‌کن برای تولید خوراک دام و آبزیان منتشر نشده است. به‌نظر می‌رسد، این فرآیند بتواند ضمن کمک به خشک کردن اقتصادی پساب حاصله از کارخانه، به میزان قابل‌توجهی ارزش تغذیه‌ای سبوس برنج را نیز افزایش دهد. بنابراین، این پژوهش جدید است و نوآوری آن در استفاده از پسماندهای شیلاتی (پساب کارخانه تولید پودر ماهی) و کشاورزی (سبوس برنج) در تولید مکمل خوراک دام و طیور و آبزیان، می‌تواند مورد توجه صنعت قرار گیرد. از آن گذشته، دانش فنی به‌دست آمده، می‌تواند مشکل زیست‌محیطی مربوط به دفع پساب تولید کارخانه تولید پودر ماهی را رفع نماید. هدف از این مطالعه، تعیین شرایط خشک کردن پساب کارخانه تولید پودر ماهی با سبوس برنج به عنوان ماده‌ی کمک‌خشک‌کن و بررسی ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای محصول تولیدی برای استفاده در خوراک دام، طیور و آبزیان بود.

[1] Stickwater

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

مواد و روش کار

تولید محصول

پساب مورد نیاز (به صورت خام و حاوی روغن ماهی) از یکی از واحدهای تولیدکننده پودر ماهی (از ماهی کیلکا) واقع در استان گیلان تأمین و آرد سبوس برنج (هاشمی) از بازار رشت در استان گیلان خریداری شد. فرآیند تولید با استفاده از یک خشک‌کن الکتریکی Lebensmitteltechnik (Atmos GmbH, REM-11, Germany) در مقیاس پایلوت انجام شد. پس از نمونه‌سازی در مقیاس آزمایشگاهی، با ثابت نگه‌داشتن پساب و دمای خشک‌کُن، نسبت آرد سبوس برنج به عنوان متغیر فرآیند تولید در نظر گرفته شد. برای خشک‌کردن پساب از نسبت‌های۱:۰/۴۲، ۱:۰/۶۵ و ۱:۱ (وزنی/وزنی) آرد سبوس برنج به پساب استفاده شد. دمای هوای ورودی ۵±۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بود و گرمادهی تا رسیدن رطوبت محصول به زیر ۸ درصد ادامه یافت. نخست، آرد سبوس برنج و پساب با نسبت‌های مذکور در یک مخلوط کن نیمه صنعتی مخلوط شدند. ترکیب به‌دست آمده بر سینی‌های استیل قرار داده شد و سینی‌ها در داخل دستگاه خشک‌کُن چیده شدند. مخلوط سپس در دمای ۵±۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن رطوبت محصول به زیر ۸ درصد گرمادهی شد. نمونه‌های محصول در کیسه‌های پلی‌اتیلنی ۱۰ کیلوگرمی بسته‌بندی شدند و آزمون‌های ذیل بر آنها انجام گرفت.

تعیین بازده

مقدار بازده تولید محصول از فرمول ذیل به‌دست آمد:

۱۰۰× (وزن مخلوط استیک‌واتر و سبوس برنج/وزن محصول خشک شده) = بازده تولید محصول

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

آزمون‌های ذیل (هر کدام با سه با تکرار) بر روی مواد اولیه و محصول نهایی انجام شد:

فراسنجه‌های مربوط به تجزیه‌وتحلیل تقریبی (ماده خشک، پروتئین خام، فیبر خام، عصاره اتری، خاکستر و نیز pH، کلسیم، فسفر، پروفیل اسیدهای چرب، اسیدهای آمینه، کل نیتروژن فرار (TVB-N) و شاخص پراُکسید)، بر اساس روش‌های انجمن رسمی شیمی تجزیه اندازه‌گیری شدند. مقدار عصاره‌ی فاقد نیتروژن[1] نیز از کم کردن مجموع درصد رطوبت، چربی، پروتئین، فیبر و خاکستر، از ۱۰۰ به‌دست آمد. برای سنجش الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، نیتروژن غیر پروتئینی (NPN)، نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN) و الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) نیز از روش‌های انجمن رسمی شیمی تجزیه (AOAC, 2005)، استفاده شد.

این آزمون‌ها برای ارزیابی اجزاء فیبر محصول و نیز بخش‌بندی[2] نیتروژن آن انجام می‌شود. نتایج این آزمون‌ها برای متخصصان تغذیه نشخوارکنندگان حائز اهمیت بوده است و برای جیره نویسی در سامانه‌های نوین جیره نویسی (CNCPS) کاربرد دارد.

اندازه‌گیری انرژی قابل متابولیسم محصول

برای تعیین انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و حقیقی در محصول از روش Sibald (۱۹۸۹) استفاده شد. بدین منظور، از میان ۱۰۰ قطعه خروس بالغ جوان نژاد Rhode Island Red (آمریکا)، تعداد ۸ قطعه با میانگین وزن ۲۲۵۰ گرم انتخاب شده و در قفس‌های انفرادی قرار گرفتند. خروس‌ها در دمای ۲۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد در اتاق متابولیسمی خروس‌های بالغ در سالن تحقیقات طیور موسسه تحقیقات علوم دامی کشور واقع در کرج استان البرز نگهداری شدند. مقدار ۳۰ گرم از نمونه‌ی آزمایشی در ۴ تکرار به دقت توزین (گرم ±۰/۰۱) و در ظروف پلاستیکی درب‌دار ریخته شد. خروس‌ها نیز ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش برای تخلیه دستگاه گوارش از بقایای خوراک مصرفی، گرسنه نگه داشته شدند. مقدار ۳۰ گرم نمونه آماده شده مطابق روش مذکور (Sibald, 1989) به خروس‌ها تغذیه شد و سینی‌های مربوط به جمع آوری فضولات در زیر قفس‌ها قرار داده شدند. ضمن بررسی سینی‌ها از نظر وقوع استفراغ در طول ۴۸ ساعت پس

[1] Nitrogen-free extract
[2] Partitioning

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

از تغذیه دقیق، فضولات روزانه جمع‌آوری و در ظروفی که پیش‌تر توزین شده بودند، ریخته شده و تا قبل از تجزیه شیمیایی در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. یک گروه ۴ تایی جداگانه از خروس‌ها نیز برای تعیین دفع انرژی از منشأ داخلی مورد استفاده قرار گرفت. ظروف حاوی فضولات از فریزر خارج و در دمای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد آون خشک شدند. فضولات خشک به مدت ۲۴ ساعت جهت متعادل شدن با رطوبت اتمسفر در آزمایشگاه قرار گرفتند، سپس توزین و آسیاب شده و تا انجام تجزیه شیمیایی در ظروف پلاستیکی درب‌دار نگه‌داری شدند. پس از جداسازی پرها، ماده خشک، نیتروژن و انرژی خام فضولات اندازه‌گیری شد. پس از تعیین میزان ماده خشک، نیتروژن و انرژی خام از فرمول‌های ذیل برای سنجش میزان انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری (AME)، انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری تصحیح‌شده برای تعادل صفر نیتروژن (AME_n)، انرژی قابل سوخت‌وساز حقیقی (TME) و انرژی قابل سوخت‌وساز حقیقی تصحیح‌شده برای تعادل صفر نیتروژن (TME_n)، استفاده شد:

$$AME\ (kcal/g) = [Fi\times GE_f)-(E\times GE_e)]/Fi$$
$$AME_n\ (kcal/g) = [(Fi\times GE_f)-(E\times GE_e)-(NR\times K)]/Fi$$
$$TME\ (kcal/g) = \{[(Fi\times GE_f)-(E\times GE_e)]+(FE_m+UE_e)\}/Fi$$
$$TME_n\ (kcal/g) = \{[(Fi\times GE_f)-(E\times GE_e)-(NR\times K)]+[(FE_m+UE_e)+(NR_0\times K)]\}/Fi$$
$$NR = (Fi\times N_f)-(E\times N_e)$$

Fi، مقدار خوراک مصرفی (گرم)؛ E، مقدار فضولات (گرم)؛ GE_f، انرژی خام یک گرم خوراک (کیلوکالری)؛ FE_m، انرژی متابولیکی یک گرم مدفوع (کیلوکالری) در پرندگان گرسنه؛ UE_e، انرژی درون‌زادی یک گرم ادرار (کیلوکالری) در پرندگان گرسنه؛ NR، مقدار ابقای نیتروژن (گرم)؛ NR_0، مقدار ابقای نیتروژن در پرندگان گرسنه (گرم)؛ GE_e، انرژی خام یک گرم فضولات (کیلوکالری)؛ N_f، درصد نیتروژن خوراک؛ N_e، درصد نیتروژن فضولات و K، ضریب تصحیح برای ابقاء نیتروژن معادل ۸/۳۷ کیلوکالری به ازای هر گرم نیتروژن بود.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS و روش one way ANOVA انجام گرفت و پس از همگن شدن داده‌ها با تست Levene، نرمال بودن داده‌ها با کمک آزمون Smirnov-Kolmogorov ارزیابی شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan و در سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصولات تولیدی

نتایج مربوط به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سه نمونه محصول تولیدی در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، با افزایش نسبت سبوس برنج، درصد پروتئین خام محصول نهایی کاهش یافت ($p<۰/۰۵$)؛ همچنین، مدت زمان خشک کردن محصول نیز به طور معنی‌داری کم‌تر شد ($p<۰/۰۵$). بالاترین بازده تولید در محصول دارای نسبت ۱ به۱ (سبوس برنج به پساب) مشاهده شد (۶۷/۷۰٪) که نسبت به دو نمونه دیگر اختلاف معنی‌دار نشان داد ($p<۰/۰۵$)؛ ضمن این‌که کم‌ترین میزان رطوبت (بالاترین مقدار ماده خشک) نیز در همین ترکیب مشاهده شد. بالاترین میزان چربی خام و کم‌ترین مقدار خاکستر در ترکیب دارای نسبت ۰/۴۲ به ۱ (سبوس برنج به استیک‌واتر) و کم‌ترین مقدار چربی خام و بیش‌ترین میزان خاکستر در محصول دارای نسبت ۱ به ۱ (سبوس برنج به پساب) مشاهده شد که با سایر نمونه‌ها، اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

جدول ۱: اثر نسبت ترکیب سبوس برنج با پساب بر زمان خشک شدن (دقیقه)، بازده تولید (درصد) و تجزیه‌وتحلیل تقریبی (٪) نمونه محصولات تولیدی*

Table 1: The effect of the ratio of rice bran and stickwater on drying time (min), yield (%) and proximate analysis (%) of the prototypes*

Ratio of stickwater to rice bran	Drying time	Yield	Moisture	Protein	Fat	Ash
1:0.42	5^{a}±600	0.89^{b}±62.90	0.86^{a}±9.14	0.55^{a}±18.38	0.34^{a}±33.76	0.29^{c}±7.10
1:0.65	5^{b}±480	0.83^{b}±63.72	0.72^{b}±8.91	0.26^{b}±17.25	0.45^{b}±32.63	0.36^{b}±7.82
1:1	5^{c}±360	0.59^{a}±67.70	0.59^{c}±8.82	0.47^{c}±16.45	0.82^{c}±31.51	0.62^{a}±8.16

*اعداد، میانگین سه تکرار همراه با انحراف معیار هستند.

$^{a-c}$ در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (p<۰/۰۵).

* Numbers are average of 3 replicates with standard deviation.

$^{a-c}$ Different letters show statistical significance in each column (p<0.05).

نتایج مقایسه فراسنجه‌های مرتبط با تجزیه‌وتحلیل تقریبی و مقدار خاکستر، pH، کلسیم، فسفر، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF)، نیتروژن غیر پروتئینی (NPN)، نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN)، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF)، کل نیتروژن فرار (TVB-N) و عدد پراُکسید اندازه‌گیری شده در پساب، سبوس برنج و محصول بهینه (پساب خشک شده با سبوس برنج)، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: مقایسه تجزیه‌وتحلیل تقریبی و برخی فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی پساب، سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج*

Table 2: Comparison of proximate analysis and some physicochemical parameters of stickwater, rice bran and codried stickwater with rice bran*

Parameter	Stickwater	Rice bran	Codried stickwater with rice bran (1:1)
Moisture (%)	0.78^{a}±70.30	0.85^{b}±11.10	0.11^{c}±8.82
Protein (%)	0.18^{c}±11.02	0.90^{b}±13.24	0.55^{a}±16.45
Fat (%)	0.15^{c}±17.51	0.35^{b}±16.63	0.18^{a}±31.51
Fiber (%)	-	0.78±11.51	0.65±12.10
Ash (%)	0.15^{c}±1.11	0.11^{a}±9.88	0.14^{b}±8.16
pH	0.11^{a}±6.61	0.90^{b}±6.11	0.21^{b}±6.06
Calcium (%)	0.02^{c}±0.18	0.05^{b}±1.20	0.02^{a}±1.50
Phosphorus (%)	006^{c}±1.33	0.08^{b}±1.50	0.01^{a}±2.29
Peroxide value (meq/kg)	0.10^{b}±5.90	0.05^{c}±1.56	0.08^{a}±22.07
TVB-N (mg/100g)	0.22^{b}±15.01	-	0.23^{a}±46.20
ADIN	-	0.01±0.74	0.01±0.76
NDF	-	0.03^{a}±29.14	0.04^{b}±9.84
ADF	-	0.05^{a}±16.30	0.02^{b}±6.61
NPN (%)	-	-	-

*اعداد، میانگین سه تکرار همراه با انحراف معیار هستند.

$^{a-c}$ در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (p<۰/۰۵).

* Numbers are average of 3 replicates with standard deviation.

$^{a-c}$ Different letters show statistical significance in each row (p<0.05).

ADIN: Acid Detergent Insoluble Nitrogen, NDF: Neutral Detergent Fiber, TVB-N: Total Volatile Base Nitrogen
Acid Detergent Fiber, NPN: Non-Protein Nitrogen ADF:

نتایج به‌دست آمده حاکی از وجود ۰/۵۵±۱۶/۴۵٪ پروتئین خام، ۰/۱۸±۳۱/۵۱٪ چربی خام، ۰/۰۲±۱/۵۰٪ کلسیم و ۰/۰±۲۹/۰۱٪ فسفر در محصول بهینه (نسبت ۱:۱) بوده و برتری صفات مذکور در این محصول نسبت به دو ماده اولیه معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). مقدار عصاره فاقد نیتروژن در محصول بهینه ۲۳/۹۶ درصد محاسبه شد. این شاخص

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

نشان‌دهنده مقدار پلی‌ساکاریدهای محلول در آب شامل قند و نشاسته است. کم‌ترین میزان رطوبت و بالاترین شاخص پراُکسید و TVB-N نیز در محصول بهینه مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). کم‌ترین میزان خاکستر و بالاترین مقدار pH در پساب و بالاترین مقادیر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی (ADF و NDF) در سبوس برنج معمولی دیده شد ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، نتایج نشانگر بالاتر بودن ارزش تغذیه‌ای محصول بهینه در مقایسه با پساب و سبوس برنج معمولی بود. مقایسه پروفیل اسیدهای چرب اندازه‌گیری‌شده در پساب، سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: پروفیل اسیدهای چرب پساب، سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج (درصد) *

Table 3: Fatty acid profile of stickwater, rice bran and codried stickwater with rice bran (%) *

Fatty acid		Stickwater	Rice bran	Codried stickwater with rice bran (1:1)
Myristic acid	C14:0	0.12^{a}±6.94	0.03^{c}±0.33	0.02^{b}±2.58
Myristoleic acid	C14:1	-	0.04^{a}±0.11	0.01^{b}±0.09
Palmitic acid	C16:0	0.63^{c}±12.13	0.65^{b}±17.26	0.03^{a}±23.01
Palmitoleic acid	C16:1n-7	0.43^{a}±10.98	0.01^{c}±0.20	0.14^{b}±4.22
Margaric acid	C17:0	0.03^{a}±1.25	-	0.41^{b}±1.09
Heptadecanoic acid	C17:1n-7	0.01^{a}±0.95	-	0.01^{b}±0.40
Stearic acid	C18:0	0.22^{a}±5.05	0.45^{b}±1.95	0.13^{b}±4.15
Oleic acid	C18:1n-9	0.45^{c}±29.09	0.26^{a}±44.17	0.32^{b}±37.60
Vaccenic acid	C18:1n-7	0.03^{c}±1.51	-	0.00^{a}±0.01
Linoleic acid	C18:2n-6	0.21^{c}±2.11	0.65^{a}±31.42	0.13^{b}±20.15
Linolenic acid	C18:3n-3	0.24^{c}±0.13	0.11^{a}±1.50	0.14^{b}±0.30
Arachidic acid	C20:0	0.41^{a}±1.39	0.03^{b}±0.67	0.01^{c}±0.32
Gadoleic acid	C20:1n-9	0.43^{a}±1.85	0.07^{b}±1.62	0.01^{c}±0.48
Eicosadienoic acid	C20:2n-6	0.01^{a}±0.15	-	0.00^{b}±0.06
Eicosatrienoic acid	C20:3n-3	0.02^{a}±0.38	-	0.00^{b}±0.08
Arachidonic acid	C20:4n-6	0.01^{a}±0.28	-	0.00^{b}±0.05
Eicosapentaenoic acid	C20:5n-3	0.43^{a}±5.44	-	0.01^{b}±2.07
Behenic acid	C22:0	0.01^{b}±0.22	0.03^{a}±0.40	0.01^{c}±0.15
Erucic acid	C22:1n-9	0.01^{a}±0.16	-	0.00^{b}±0.01
Docosatetraenoic acid	C22:4n-6	0.01^{a}±0.20	-	0.00^{b}±0.01
Docosapentaenoic acid	C22:5n-3	0.01^{b}±0.59	-	0.00^{b}±0.09
Docosahexaenoic acid	C22:6n-3	0.33^{b}±8.58	-	0.01^{b}±3.05

*اعداد، میانگین سه تکرار همراه با انحراف معیار هستند.

$^{a-c}$ در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند ($p<۰/۰۵$).

* Numbers are average of 3 replicates with standard deviation.

$^{a-c}$ Different letters show statistical significance in each row ($p<0.05$).

نتایج نشان داد که سطح اسیدهای چرب میریستیک، پالمیتولئیک، هپتادکانوئیک، آراشیدیک، گادولئیک، مارگاریک، استئاریک، واکسنیک، ایکوزادی‌انوئیک، ایکوزاتری‌انوئیک، ایکوزاپنتاانوئیک (EPA)، آراشیدونیک، اروسیک، دوکوزتترانوئیک، دوکوزاپنتاانوئیک و دوکوزا هگزاانوئیک (DHA) در استیک‌واتر به طور معنی‌داری بالاتر از سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج بود ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

سطح اسید چرب پالمیتیک در پساب خشک شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بالاتر از سبوس برنج معمولی و پساب بود (p<۰/۰۵). بالاترین سطح اسید میریستولئیک و اولئیک در سبوس برنج معمولی مشاهده شد (p<۰/۰۵). سطح اسیدهای چرب لینولئیک، لینولنیک و بهنیک در سبوس برنج معمولی به طور معنی‌داری بیش‌تر از پساب و پساب خشک شده با سبوس برنج بود (p<۰/۰۵). مقایسه پروفیل اسیدهای آمینه‌ی اندازه‌گیری‌شده در پساب، سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که سطح تمامی اسیدهای آمینه مورد ارزیابی (اسید آسپارتیک، اسید گلوتامیک، سرین، هیستیدین، گلیسین، ترئونین، آرژنین، آلانین، تیروزین، متیونین، والین، فنیل‌آلانین، ایزولوسین، لوسین و لیزین) در پساب خشک شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بیش‌تر از سبوس برنج معمولی و کم‌تر از پساب بود (p<۰/۰۵).

جدول ۴: پروفیل اسیدهای آمینه پساب، سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج (درصد)*

Table 4. Amino acid profile of stick water, rice bran and codried stickwater with rice bran (%)*

Amino acid	Stickwater	Rice bran	Codried stickwater with rice bran (1:1)
Aspartic acid	0.31^{a}±8.60	0.13^{c}±1.42	0.22^{b}±5.58
Glutamic acid	0.24^{a}±13.40	0.13^{c}±2.25	0.17^{b}±6.18
Serine	0.30^{a}±4.10	0.03^{c}±0.78	0.12^{b}±2.81
Histidine	0.11^{a}±2.90	0.10^{c}±0.52	0.13^{b}±1.32
Glycine	0.21^{a}±8.52	0.03^{c}±0.94	0.65^{b}±5.81
Threonine	0.03^{a}±2.21	0.12^{c}±0.64	0.17^{b}±1.21
Arginine	0.41^{a}±3.82	0.33^{c}±1.24	0.25^{b}±2.51
Alanine	0.13^{a}±6.30	0.12^{c}±1.23	0.11^{b}±4.12
Tyrosine	0.10^{a}±1.32	0.04^{c}±0.59	0.05^{b}±0.76
Methionine	0.13^{a}±1.71	0.03^{c}±0.14	0.01^{b}±0.87
Valine	0.31^{a}±2.23	0.13^{c}±0.89	0.32^{b}±1.11
Phenylalanine	0.23^{a}±1.81	0.12^{c}±0.95	0.11^{b}±1.51
Isoleucine	0.10^{a}±3.80	0.21^{c}±0.69	0.13^{b}±2.16
Leucine	0.13^{a}±3.32	0.08^{c}±1.47	0.09^{b}±2.26
Lysine	0.14^{a}±5.58	0.03^{c}±1.01	0.31^{b}±4.11

*اعداد، میانگین سه تکرار همراه با انحراف معیار هستند.

$^{a-c}$ در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف متفاوت، از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری دارند (p<۰/۰۵).

* Numbers are average of 3 replicates with standard deviation.

$^{a-c}$ Different letters show statistical significance in each row (p<0.05).

انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و حقیقی

در جدول ۵، نتایج مربوط به مقادیر اندازه‌گیری شده برای انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و حقیقی پساب خشک شده با سبوس برنج ارائه شده است.

جدول ۵: مقادیر انرژی قابل سوخت‌وساز ظاهری و حقیقی استیک‌واتر خشک شده با سبوس برنج (کیلوکالری در کیلوگرم)

Table 5: Apparent and real metabolizable energy values of codried stickwater with rice bran (kcal per kg)

Parameter	value
Apparent metabolizable energy (AME)	4012.3
Apparent metabolizable energy corrected for nitrogen (AMEn)	3656.7
True Metabolizable Energy (TME)	4447.0
True metabolizable energy corrected for nitrogen (TMEn)	4172.6

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

بحث

با توجه به بروز چالش‌های مرتبط با امنیت غذایی در سراسر جهان، نیاز به تولید و ارتقاء دانش فنی برای استفاده‌ی بهینه از پسماندهای کشاورزی و صنعتی در تولید خوراک یا مکمل‌های خوراکی برای حیوانات پرورشی بیش از پیش احساس می‌شود (Thirumalaisamy *et al.*, 2016). نخستین گام پس از تولید هر محصول جدید، تعیین دقیق ترکیبات شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای آن به‌شمار می‌رود (Zaefarian *et al.*, 2021). یکی از مهم‌ترین مسائل در تولید خوراک دام و طیور میزان انرژی صرف شده برای تولید محصول است که به طور مستقیم بر هزینه تمام‌شده، اثرگذار خواهد بود (Thirumalaisamy *et al.*, 2016). بدیهی است که افزایش زمان خشک کردن موجب مصرف بیش‌تر انرژی و در نتیجه افزایش هزینه تمام شده محصول خواهد شد، ضمن این‌که این موضوع بر کیفیت پروتئین محصول هم اثرگذار است و می‌تواند اثر منفی خود را در عملکرد حیوان نیز نشان دهد (Beski *et al.*, 2015). بنابراین، با توجه به اهمیت مدت زمان خشک کردن و میزان بازده تولید، محصول دارای نسبت ۱ به ۱ (سبوس برنج به پساب) با دارا بودن کم‌ترین زمان خشک کردن و بالاترین بازده تولید، به عنوان نمونه بهینه پساب خشک شده با سبوس برنج انتخابی و آزمون‌های بعدی بر این محصول انجام شد. نتایج تجزیه‌وتحلیل این محصول نشان داد که این محصول حاوی ۸/۸۲ درصد رطوبت، ۱۶/۴۵ درصد پروتئین خام، ۳۱/۵۱ درصد چربی خام، ۱۲/۱۰ درصد فیبر خام، ۸/۱۶ درصد خاکستر، ۲/۵ درصد کلسیم و۲/۲۹ درصد فسفر بود. اطلاعاتی در مورد استفاده از مواد کمک‌خشک‌کن برای خشک کردن پساب کارخانه تولید پودر ماهی در دسترس نیست. بنابراین، مقایسه منطقی نتایج این پژوهش با کارهای مشابه ممکن نیست. با این‌حال، به برخی از پژوهش‌های مربوط به پساب و سبوس برنج اشاره می‌شود. Mahdabi و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی ترکیبات شیمیایی پروتئین‌های هیدرولیز شده گوشت، پودر و پساب کارخانه پودر ماهی تولیدی از ماهی کیلکای آنچووی، گزارش کردند که رطوبت پساب (۰/۸۵±۹۵/۳۷٪) به طور معنی‌داری بالاتر از رطوبت پودر ماهی (۰/۳۷±۵/۶۵٪) بوده و در مقابل مقدار پروتئین خام (۰/۲۶±۶۹/۷۰٪) و چربی خام (۰/۲۵±۱۴/۴۲٪) پودر ماهی به طور معنی‌داری بالاتر از میزان پروتئین خام (۷۴/۳۱±۰/۱۰٪) و چربی خام (۰/۱۰±۳/۴۵٪) پساب بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش مذکور متفاوت است. نوع گونه ماهی و فصل صید و نیز نوع پساب حاصله (روغن‌گیری شده یا کامل) بر تجزیه‌وتحلیل تقریبی تاثیر معنی‌داری دارد.

Bechtel (۲۰۰۵) میزان رطوبت در پساب خشک شده به روش سرما خشک (تصعیدی)[1] در ماهی Pollock، ۴/۶۸ - ۳/۴۱۱ درصد و در ماهی سالمون را ۵/۸۲ درصد گزارش کرد. این پژوهشگر میزان پروتئین خام در پساب سرماخشک‌شده را ۷۶/۲۱-۱۶/۸۶ درصد برای ماهی پولاک و حدود ۸۲/۰۷ درصد برای ماهی سالمون گزارش کرده است. در پژوهش مذکور، میزان چربی خام در محصول مذکور ۱۸/۴۳-۲/۵۹ درصد برای ماهی پولاک و حدود ۱/۸۰ درصد برای ماهی سالمون بود. بدیهی است که میزان ترکیبات شیمیایی (رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر) پساب، وابسته به نوع ماده اولیه (ماهی کامل/ پسماند) و نیز گونه ماهی مورد استفاده به عنوان ماده اولیه برای تولید پودر ماهی است (Shaviklo, 1996).

در پژوهشی دیگر میزان رطوبت پساب مورد استفاده در جیره ماهی تیلاپیا ۴۰/۲ درصد و به طور معنی‌داری بالاتر از رطوبت پودر ماهی (۵/۳ درصد)، سبوس برنج (۷/۶ درصد)، آرد ذرت (۷/۶ درصد) و برنج شکسته (۱۲/۶ درصد) بود که این نتایج همسو با نتایج تحقیق حاضر است، زیرا در تحقیق حاضر نیز میزان رطوبت در پساب به طور معنی‌داری بالاتر از رطوبت سبوس برنج بود. این پژوهشگران میزان پروتئین خام پساب را ۳۹/۹ درصد گزارش و اعلام کردند که مقدار پروتئین خام آن به طور معنی‌داری بالاتر از سبوس برنج (۱۳/۵ درصد)، آرد ذرت (۷/۴ درصد) و برنج شکسته (۶/۸ درصد) و کم‌تر از پروتئین خام کنجاله سویا (۴۶ درصد) و پودر ماهی (۵۷/۱ درصد) بود که مغایر با نتایج تحقیق حاضر است، زیرا در تحقیق حاضر میزان پروتئین خام در پساب کم‌تر از سبوس برنج بود. در پژوهش مذکور میزان چربی خام در پساب مورد استفاده در جیره ماهی تیلاپیا ۱۲/۸

[1] Freeze-dried

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

درصد و به طور معنی‌داری بیش‌تر از پودر ماهی (۸ درصد)، کنجاله سویا (۱/۳ درصد)، ذرت آسیاب شده (۴/۷ درصد) و برنج شکسته (۰/۳ درصد) و کمتر از سبوس برنج (۱۴/۶ درصد) بود که با نتایج تحقیق حاضر تفاوت دارد، زیرا در تحقیق حاضر میزان چربی خام در پساب (۱۷/۵۱ درصد) بیش‌تر از سبوس برنج (۱۶/۶۳ درصد) گزارش شده است. در پژوهش حاضر میزان فیبر و خاکستر در پساب خشک شده با سبوس برنج با پساب و سبوس برنج تفاوت معنی‌داری داشت به‌طوری‌که میزان فیبر خام در پساب در حد قابل اندازه‌گیری نبود و در پساب خشک‌شده با سبوس برنج مشابه سبوس برنج معمولی بود. همچنین میزان خاکستر در سبوس برنج به طور معنی‌داری بالاتر از پساب خشک شده با سبوس برنج و پساب بود. در همین زمینه، سایر پژوهشگران نیز فقدان فیبر خام در پساب را گزارش کرده‌اند (Wattanakul *et al.*, 2019)، ضمن این‌که میزان خاکستر در سبوس برنج بیش‌تر از پساب بود که از این لحاظ نتایج تحقیق مذکور همسو با نتایج تحقیق حاضر است. در پژوهش Bechtel (۲۰۰۵) میزان خاکستر در پساب سرماخشک شده ۱۳/۹۲-۱۰/۶۶ درصد برای ماهی پولاک و حدود ۱۰/۶۱ درصد برای ماهی سالمون گزارش شد.

در پژوهش حاضر، pH پساب به طور معنی‌داری بالاتر از سبوس برنج و پساب خشک‌شده با سبوس برنج بود. این امر می‌تواند به تغییرات pH تحت تأثیر میزان کربوهیدرات موجود در نمونه اولیه و شرایط هیدرولیز طی مدت نگهداری و فرآوری مرتبط باشد. در همین زمینه، Bechtel (۲۰۰۵) میزان pH پساب سرماخشک شده را ۶/۹۸ -۶/۷۳ برای ماهی پولاک و حدود ۶/۵۵ برای ماهی سالمون گزارش کرد. تغییرات سطح مواد معدنی مواد خوراکی تحت تأثیر شرایط فرآوری بوده و معمولاً اعمال فرآیند حرارتی در پایداری مواد معدنی تأثیرگذار است (Cilla *et al.*, 2019). در پژوهش حاضر میزان کلسیم و فسفر در پساب خشک شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بالاتر از میزان کلسیم و فسفر در پساب و سبوس برنج بود. در همین زمینه، Bechtel (۲۰۰۵) میزان کلسیم و فسفر پساب سرماخشک شده را به‌ترتیب ۰/۰۴-۰/۰۳ درصد و برای ماهی پولاک و حدود ۰/۰۹ درصد برای ماهی سالمون گزارش کرد. تفاوت در نتایج مشاهده شده را می‌توان به تنوع در گونه ماهی مورد استفاده، نوع فرآوری به‌کار رفته یا مدت زمان و شرایط نگهداری محصول نسبت داد (Shaviklo, 2015).

در تحقیق حاضر شاخص پراُکسید در پساب خشک‌شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بالاتر از پساب بود. اندازه‌گیری شاخص پراُکسید به عنوان یکی از معیارهای مهم فساد چربی‌ها مطرح است (Olafsdottir *et al.*, 1997). معمولاً بین عوامل پروُاکسیداسیونی و آنتی‌اکسیداسیونی که واکنش‌های اکسیداتیو چربی فرآورده‌های آبزیان را در کنترل خود دارند، تعادلی وجود دارد. اما پس از صید و با گذشت زمان، تعادل مذکور به‌هم خورده و فساد اکسیداتیو آغاز می‌شود (Reddy and Srikar, 1991). اُکسیداسیون چربی با واکنش‌های متنوع آنزیمی (باکتریایی، سلولی) و غیر آنزیمی کنترل می‌شوند که سطح این واکنش‌ها به گونه جانوری، دما و مدت نگهداری محصول بستگی دارد (Suárez-Medina *et al.*, 2024). بنابراین، ممکن است فاصله زمانی بین تولید محصول تا اندازه‌گیری شاخص پراکسید و شرایط نگهداری آن در افزایش شاخص پراُکسید در پژوهش حاضر مؤثر بوده باشد. به طور مشابه، Jahani وFarhani (۲۰۱۵) با بررسی پایداری اُکسایشی روغن سبوس برنج گزارش کردند که با افزایش زمان نگهداری شاخص پراُکساید به طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌هرحال، استفاده از منابع خوراکی با شاخص پراُکسید کم‌تر از ۱۰۰ در تغذیه دام از جمله طیور (McGill *et al.*, 2011) و آبزیان (Long *et al.*, 2022) گزارش شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های به‌دست آمده برای این شاخص در پژوهش حاضر در دامنه قابل قبول قرار دارد.

در پژوهش حاضر، کل نیتروژن فرار (TVB-N) فقط در پساب و پساب خشک‌شده با سبوس برنج در سطح قابل اندازه‌گیری بوده و مقدار آن در پساب خشک‌شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بالاتر از پساب بود. این شاخص به طور عمده برای تعیین سطح فساد و کیفیت فرآورده‌های بر پایه ماهی در نظر گرفته شده (Oehlenschlager, 1981) و معمولاً با سطح فعالیت و فساد میکروبی محصول در ارتباط است (Kykkidou *et al.*, 2009; Ozyurt *et al.*, 2007). بررسی منابع نشان داده است که حداکثر مجاز TVB-N در

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

منابع خوراکی ۴۰-۳۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم محصول است (Tanuja *et al.*, 2014). ولی مقدار این شاخص در پودر ماهی بیش‌تر است. FAO (۱۹۸۶) مقدار بیشینه TVB-N در پودر ماهی درجه ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم محصول توصیه کرده است. این شاخص برای پساب خشک‌شده کم‌تر از پودر ماهی درجه ۱ بوده و حاکی از کیفیت مناسب محصول برای خوراک دام است. افزایش TVB-N در پساب خشک‌شده با سبوس برنج ممکن است ناشی از مدت زمان نگهداری آن پیش از ارزیابی شاخص مذکور باشد و این نکته باید در زمان تولید انبوه محصول در نظر گرفته شود.

در پژوهش حاضر الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) فقط در پساب خشک‌شده با سبوس برنج و سبوس معمولی مشاهده شد و مقدار آن در سبوس برنج معمولی به طور معنی‌داری بالاتر از پساب خشک‌شده با سبوس برنج بود. نقش فیبر در تأمین شرایط مناسب برای تخمیر و جلوگیری از بروز بیماری‌های متابولیک نشخوارکنندگان به اثبات رسیده و NDF و ADF جزو ترکیبات شیمیایی مهم خوراک نشخوارکنندگان هستند که تعیین مقدار آنها به‌ویژه در اقلام خوراکی بر پایه مواد دارای فیبر خام بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Zebeli *et al.*, 2012). در این میان بخش ADF نمایان‌گر میزان لیگنین خام و سلولز گیاه بوده است و سیلیس موجود را نیز دربرمی‌گیرد که قابلیت هضم کمتری دارد (McDonald *et al.*, 2010).

مقدار نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی (ADIN) فقط در سبوس برنج و پساب خشک‌شده با سبوس برنج در سطح قابل اندازه‌گیری بود و بین این دو نیز تفاوت معنی‌داری دیده نشد. فراسنجه ADIN معیار مورد استفاده برای تخمین اثر حرارت‌دهی اضافی بر خوراک است و مقدار آن می‌تواند در اثر حرارت ناشی از فرآیندهای پلت کردن، سیلو کردن یا بسته‌بندی کردن علوفه‌های با میزان رطوبت بالا، افزایش یابد (Nakamura *et al.*, 1994). از آن‌جایی‌که در آزمایش حاضر مقدار نیتروژن نامحلول در شوینده اسیدی در سبوس برنج و پساب خشک شده با سبوس برنج کم‌تر از ۱۰ درصد است، نیازی به تصحیح مقدار پروتئین خام محصولات مذکور نیست (Alberta Agriculture and Rural Development, 2006).

در پژوهش حاضر بالاترین سطح اسیدهای چرب در سبوس برنج به‌ترتیب مربوط اسید اولئیک (حدود ۴۴ درصد) و لینولئیک (حدود ۳۱ درصد) بود و این نتایج با یافته‌های Jahani و Farhani (۲۰۱۵) هم‌خوانی داشت. آنان گزارش کردند که اسید اولئیک با مقدار ۴۱/۷ درصد و اسید لینولئیک با مقدار ۳۶/۸ درصد، فراوان‌ترین اسیدهای چرب سبوس برنج هستند. نکته قابل‌توجه پژوهش حاضر این بود که پروفیل اسیدهای چرب سبوس برنج پس از ترکیب با پساب به‌ویژه از نظر اسیدهای چرب حائز اهمیتی مانند اسید آراشیدونیک، ایکوزاپنتاانوئیک و دو کوزاهگزانویئک که جزو اسیدهای چرب ضروری به‌شمار می‌روند (Das, 2006)، به طور معنی‌داری بهبود یافت. هرچند که این امر در مورد اسید لینولئیک و لینولنیک دیده نشد. ماهیت پساب که حاوی روغن حاصل از فرآوری آبزیان بوده، در بروز این پدیده مؤثر است.

سطح تمامی اسیدهای آمینه مورد ارزیابی در پژوهش حاضر در پساب خشک‌شده با سبوس برنج به طور معنی‌داری بیش‌تر از سبوس برنج معمولی و کمتر از پساب بود. Mahdabi و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی پروفایل اسیدهای آمینه پروتئین‌های هیدرولیز شده گوشت، پودر و پساب کارخانه پودر ماهی تولیدی از ماهی کیلکای آنچووی گزارش کردند که گلیسین، اسید گلوتامیک و آلانین فراوان‌ترین اسیدهای آمینه موجود در پساب بوده و سطح اسیدهای آمینه گلیسین و آلانین در پساب به طور معنی‌داری بالاتر از گوشت و پودر ماهی کیلکای آنچووی است. در پژوهش حاضر نیز گلیسین و اسید گلوتامیک در کنار اسید آسپارتیک، دارای بیش‌ترین فراوانی در پساب بودند. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که پساب می‌تواند منبع مناسبی برای تأمین نیازهای غذایی ماهی قزل‌آلا به‌شمار رود. به طور کلی، پساب خشک‌شده با سبوس برنج در پژوهش حاضر سبب بهبود معنی‌دار سطح تمامی اسیدهای آمینه از جمله ۱۰ اسید آمینه ضروری (متیونین، لیزین، ترئونین، آرژنین، تریپتوفان، والین، فنیل‌آلانین، لوسین، ایزولوسین و هیستیدین)، برای طیور شد (Alagawany *et al.*, 2020).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

بررسی منابع صورت گرفته به یافتن داده‌ای در مورد مقدار انرژی قابل‌متابولسیم پساب برای دام و طیور منجر نشد. به‌علاوه، مقایسه انرژی قابل‌متابولسیم سبوس برنج (دارای فیبر کمتر از ۱۱ درصد) که در منابع مقدار آن ۳۰۳۵-۲۵۵۷ کیلوکالری در کیلوگرم ذکر شده است (Heuzé and Tran, 2015) با مقدار انرژی قابل متابولیسم ظاهری تصحیح‌شده برای نیتروژن در محصول پساب خشک‌شده با سبوس برنج (۳۶۵۶/۷ کیلوکالری در کیلوگرم)، در پژوهش حاضر نشان داد که می‌توان با استفاده از فرآیند خشک کردن پساب، ۴۰-۲۰ درصد بر محتوای انرژی سبوس برنج افزود. به‌نظر می‌رسد که این افزایش سطح انرژی، در نتیجه وجود میزان قابل‌توجه روغن (عصاره اتری) در پساب به‌ویژه تغلیظ آن در فرآیند خشک کردن با سبوس برنج رخ داده است.

ملاحظات فنی و اقتصادی

وجود پایدار ذخایر ماهیان ارزان‌قیمت در برخی از مناطق جهان، صنعت فرآوری آبزیان را به سمت ساخت واحدهای پیشرفته تولید پودر ماهی سوق داده است. در این واحدها برای استفاده‌ی حداکثری از مواد اولیه و افزایش بهره‌وری از ماشین‌آلات پیشرفته برای بازگرداندن مایعات خروجی (پساب) به چرخه تولید پودر ماهی و افزایش بازده محصول استفاده می‌شود. برای بهره‌برداری از پساب، نخست باید مواد جامد و روغن ماهی از آن جدا شود. جداسازی این ترکیبات نیازمند استفاده از دستگاه‌های جداکننده[1] و تغلیظ‌کننده[2] است. پساب فاقد روغن و مواد جامد، دارای ۹-۶ درصد ماده خشک است که برای تغلیظ آن و رساندن ماده خشک به ۳۰-۵۰ درصد، انرژی زیادی مصرف می‌شود. افزودن پساب تغلیظ شده به چرخه تولید پودر ماهی ۲۰ درصد به بازده تولید می‌افزاید (FAO,1986).

در حال حاضر، میانگین قیمت تجهیزات مورد نیاز برای بازیافت پساب حداقل ۳۰۰ هزار دلار برآورد می‌شود (www.alibaba.com) که تامین آن برای واحدهای تولید پودر ماهی در مقیاس خرد توجیه فنی و اقتصادی ندارد. استفاده از این تجهیزات برای واحدهای تولید پودر ماهی در ایران به دلیل کمبود مواد اولیه (ماهی) و ناپایداری صید، ظرفیت پایین تولید و نیز گرانی انرژی (سوخت) صرفه‌ی اقتصادی ندارد.

استفاده از مواد کمک خشک‌کن یکی از روش‌های خشک کردن مایعات یا مواد با رطوبت بالا در صنایع غذایی و تولید خوراک دام است. این مواد دارای ویژگی جذب رطوبت هستند و برای کاهش رطوبت ماده مورد نظر برای خشک کردن و در نتیجه کاهش زمان خشک کردن، استفاده می‌شوند. کاربرد این مواد از نظر فنی و اقتصادی بسیار اهمیت دارد، زیرا ضمن به حداقل رساندن افت کیفی، محصول موجب صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

پساب ماده بسیار فسادپذیری است و باید سریع به مصرف برسد. بنابراین، خشک کردن این ماده باید در محل واحدهای پودر ماهی انجام شود. استفاده از دستگاه‌های موجود در کارخانه پودر ماهی مانند خشک‌کن، آسیاب و کیسه‌گیر و تامین تجهیزاتی مانند مخازن پلاستیکی نگهداری پساب و مخلوط‌کن صنعتی با قیمت مناسب تولید داخل، خشک کردن آن را با سبوس برنج که از پسماندهای کشاورزی است و قیمت بسیار پایینی دارد، بسیار اقتصادی و قابل توجیه می‌کند. بر اساس ارزیابی متخصصان تغذیه دام، قیمت محصول می‌تواند حدود ۵۰ درصد از قیمت سبوس برنج معمولی بالاتر باشد ضمن آن‌که دارای ارزش غذایی و عملکردی بسیار خوبی است.

این پژوهش با توجه به لزوم تنوع‌بخشی به اقلام خوراک دام و استفاده بهینه از پسماندهای کشاورزی و شیلات در جهت تأمین امنیت غذایی و کاهش وابستگی به واردات خوراک دام انجام شد. پس از انجام آزمون‌های تجزیه‌وتحلیل تقریبی و ارزیابی زمان خشک کردن و میزان بازده تولید، در نهایت نسبت ۱:۱ پساب به سبوس برنج به عنوان نسبت برتر برای خشک کردن اقتصادی پساب با سبوس برنج به عنوان ماده کمک خشک‌کن، انتخاب شد. سبوس برنج حاوی مقادیر قابل‌توجهی پروتئین، چربی، کربوهیدرات و مواد معدنی است و در نتیجه از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مطلوبی برای فرمولاسیون و تولید خوراک برخوردار است (Keshavarz Hedayati *et al*., 2013). استفاده از این فن‌آوری می‌تواند

[1] Decanter centrifuge
[2] Evaporator

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

ارزش تغذیه‌ای سبوس برنج را بهبود بخشد. وجود پروتئین با منشأ دریایی در چنین محصولی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد دام، طیور و آبزیان داشته باشد. لیپیدهای موجود در این محصول به‌راحتی در همه حیوانات به‌ویژه ماهی، میگو، مرغ و نشخوارکنندگان مانند گاو، گوسفند و بز قابل‌هضم است و می‌تواند انرژی مناسبی را برای حیوانات تأمین کند. نتایج این پژوهش می‌تواند برای تولید تجاری محصول در واحدهای تولید پودر ماهی کشور استفاده شود.

تشکر و قدردانی

از پشتیبانی‌های موسسه تحقیقات علوم دامی کشور و پارک علم و فناوری گیلان در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yatoo, M. I., Karthik, K., Michalak, I. and Dhama, K., 2020. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health - a comprehensive review. *The Veterinary Quarterly*, 41(1):1-29. DOI:10.1080/01652176.2020.1857887

Alberta Agriculture and Rural Development, 2006. Know your feed terms. Alberta Agriculture and Rural Development. Available at: https:// Website: www.agriculture.alberta.ca (Accessed on: 4 August 2024).

Alizadeh-Ghamsari, A.H., Shaviklo, A.R. and Hosseini, S.A., 2023. Effects of a new generation of fish protein hydrolysate on performance, intestinal microbiology, and immunity of broiler chickens. *Journal of Animal Science Technology*. 65(4):804-817. DOI:10.5187/jast.2022.e99

AOAC, 2005. Official methods of analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 771 P.

Bechtel, P.J., 2005. Properties of stickwater from fish processing byproducts. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 14(2):25-38. DOI:10.1300/J030v14n02_03

Bechtel, P.J. and Smiley, S., 2009. A sustainable future: Fish processing byproducts. Proceedings of the symposium: A Sustainable Future: Fish Processing Byproducts February 25-26, 2009 Portland, Oregon, USA. 340 P.

Beski, S.S., Swick, R.A. and Iji, P.A., 2015. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition*, 1(2):47-53. DOI:10.1016/j.aninu.2015.05.005

Cilla, A., Barberá, R., López-García, G., Blanco-Morales, V., Alegría, A. and Garcia-Llatas, G., 2019. Impact of processing on mineral bioaccessibility/bioavailability. In: J. Barba, F., Saraiva, J.M.A., Cravotto, G. and Lorenzo, J.M. (eds), Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds. Woodhead Publishing. pp. 209-239.

Das, U.N., 2006. Essential fatty acids-a review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 7(6):467-482. DOI:10.2174/138920106779116856

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

Etemadian, Y., Ghaemi, V., Shaviklo, A.R., Pourashouri, P., Sadeghi Mahoonak, A.R. and Rafipour, F., 20201. Development of animal/ plant-based protein hydrolysate and its application in food, feed and nutraceutical industries: state of the art. *Journal of Cleaner Production.* 278:123219. DOI:10.1016/j.jclepro.2020.123219.

FAO, 1986. The production of fish meal and oil. FAO fisheries technical paper – 142, food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy. 152 P.

Heuzé V., And Tran G., 2015. Rice bran and other rice by-products. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Avaiable at: https://feedipedia.org/node/750. (Accessed on: 4 August 2024)

Jahani, N. and Farmani, J., 2015. Oxidation stability of rice bran, corn, canola, sunflower and soybean oils in the process of baking and preserving bread. *Food Hygiene*, 5(4):13-26. (In Persian)

Keshavarz Hedayati, A., Alami, M., Motamedzadegan, A., Maghsodlo, Y., Ghorbani, M. and Amiri, S., 2013. Investigating the physicochemical characteristics of Iranian rice bran protein concentrate. *Journal of Food Science and Nutrition*, 11(41):49-57. (In Persian)

Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M.G. and Savvaidis, I.N., 2009. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh Mediterranean swordfish fillets during storage at 4°C. *Journal of Food Chemistry*, 115(1):169-75. DOI:10.1016/j.foodchem.2008.11.083

Leeson, S. and Summers, J.D., 2005. Commercial poultry nutrition. 3rd Edition. Nottingham University Press, Nottingham. 398 P.

Long, S., You, Y., Dong, Xi., Tan, B., Zhang, S., Chi, S., Yang, Q., Liu, H., Xie, S., Yang, Y. and Zhang, H.,2022. Effect of dietary oxidized fish oil on growth performance, physiological homeostasis and intestinal microbiome in hybrid grouper (♀ Epinephelus fuscoguttatus × ♂ Epinephelus lanceolatus), *Aquaculture Reports*, 24:101130. DOI:10.1016/j.aqrep.2022.101130

Mahdabi, M., Shamsaie Mehrgan, M. and Rajabi Islami, H., 2021. A comparison of the proximate compositions and amino acids profiles of protein hydrolysates produced from fishmeal effluents (stickwater), fishmeal and muscle of Anchovy sprat. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 30(6):43-61. (In Persian)

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G., 2010. Animal nutrition. 7th Edition. Pearson Education Limited, England. 712 P.

McGill, J., McGill, E., Kamyab, A. and Firman, J., 2011. Effect of high peroxide value fats on performance of broilers in a normal immune state. *International Journal of Poultry Science*, 10(10):241-246. DOI:10.3923/ijps.2011.665.669

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

Nakamura, T., Klopfenstein, T.J., and Britton, R.A., 1994. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *Journal of Animal Science*, 72:1043-1048. DOI:10.2527/1994.7241043x

Oehlenschlager, J., 1981. Variation der gehelte an fluchtigen stick-stofgehaltigen basen und'TVB-N'in retbersch. *Informationen fur die Fischwirtschaft*, 53:33-34.

Olafsdottir, G., Martinsdottir, E., Oehlenschlager, J., Dalgaard, p., Jensen, B. and undeland, I., 1997. Method to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science and Technology*, 8:258-265. DOI:10.1016/S0924-2244(97)01049-2

Ozyurt, G., Polat, A. and Tokur, B., 2007. Chemical and sensory changes in frozen (-18ºC) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(7):887-893. DOI:10.1111/j.1365-2621.2006.01302.x

Reddy G.V.S., and Srikar, L.N., 1991. Preprocessing ice storage effects on functional properties of fish mince protein. *Journal of Food Science*, 56:965-968. DOI:10.1111/j.1365-2621.1991.tb14617.x

Rezaei, M. and Karimzadeh, S., 2020. Benefits and use of rice bran in feeding poultry and ruminants. Publications of Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. 104 P. (In Persian)

Shaviklo, A., 1996. The status of fishmeal production in Iran. Department of Fishing and Fishery Industries, Iran Fisheries Company. Tehran, Iran. 110 P.

Shaviklo, A.R., 2015. Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 2:648-661. DOI:10.1007/s13197-013-1042-7

Sibbald, I.R., 1989. Metabolizable energy evaluation of poultry diets. In: D.J.A. Cole and W. Haresign, Recent development in poultry nutrition. Butterworths, London, U.K. 251 P.

Suárez-Medina, M.D., Sáez-Casado, M.I., Martínez-Moya, T., and Rincón-Cervera, M.Á., 2024. The effect of low temperature storage on the lipid quality of fish, either alone or combined with alternative preservation technologies. *Foods*, 13(7):1097. DOI:10.3390/foods13071097

Tanuja, S., Mohanty, P.K., Kumar, A., Moharana, A. and Nayak, S.K., 2014. Shelf life study of acid added silage produced from fresh water fish dressing waste with and without the addition of antioxidants. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 5(**2**), 91–98.

Thirumalaisamy, G., Muralidharan, J., Senthilkumar, S., Hema Sayee, R. and Priyadharsini, M., 2016. Cost-effective feeding of poultry. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(6):3997-4005.

Vargas, J.A.C., Mezzomo, R., Gomes, D.I., Oliveira, L.R.S., da Mata, V.J.V., dos Santos, R.D.C., and Alves, K.S., 2020. Total and partial replacement of corn meal

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

with rice bran in lamb rations: nutritional effects. *Livestock Science*, 234:103986. DOI:10.1016/j.livsci.2020.103986

Wattanakul, U., Wattanakul, W. and Thongprajukaew, K., 2019. Optimal replacement of fish meal protein by stick water in diet of sex-reversed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animals*, 9(8):521. DOI:10.3390/ani9080521

Zaefarian, F., Cowieson, A.J., Pontoppidan, K., Abdollahi, M.R., and Ravindran, V., 2021. Trends in feed evaluation for poultry with emphasis on in vitro techniques. *Animal nutrition*, 7(2):268-281. DOI:10.1016/j.aninu.2020.08.006

Zebeli, Q., Aschenbach, J.R., Tafaj, M., Boguhn, J., Ametaj, B.N. and Drochner, W., 2012. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(3):1041-1056. DOI:10.3168/jds.2011-4421

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

Drying stickwater with rice bran as a drying aid and evaluating the chemical composition and nutritional value of the prototypes for use in livestock, poultry and aquatic feed

Shaviklo M.R.[1*]; Abolghasemi S.J.[2]; Alizadeh-Ghamsari A.H.[1]; Pourabedin K.[2]; Rafipour F.[3]; Etemadian Y.[3,4]

*shaviklo@gmail.com

1- Department of animal processing, Animal science research institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran. P.O. Box: 43711-65143
3-Zabol Fisheries Office, Sistan and Baluchistan General Office for Fisheries, Iran Fisheries Organization, Zabol, Iran.
4-Yas Aquatic Protein Limited, Guilan Science and Technology Park (GSTP), Ministry of Science, Research and Technology, Rasht, Iran.

Keywords: Stickwater, Rice bran, Chemical compounds, Metabolizable energy

Introduction

Stickwater is a solution obtained by squeezing cooked fish meat in the process of producing fishmeal. It contains soluble proteins, fat, insoluble solids, vitamins, and minerals, constituting more than 60% of the weight of the raw material. In advanced fishmeal factories, after separating the fish oil, the stickwater is concentrated and added to the cooked and compressed fish meat to increase the amount of protein and other nutrients in the fishmeal. In the fishmeal production factories in Iran, the stickwater concentration process is not carried out, and it is discharged into the environment after incomplete oil separation. This not only causes economic loss but also leads to various environmental problems. However, research has shown that stickwater obtained from the fish meal production process can serve as an excellent adhesive agent in animal feed formulation as well as a potent absorbent and appetite enhancer for farmed aquatic animals. Therefore, a co-drying process of stickwater with drying aids was developed to address these issues and create a new product for livestock, poultry, and aquatic animals feed. Rice bran, a main byproduct of rice milling, is commonly used in animal feed due to its nutritional value. It can also serve as a processing aid or drying aid for drying stickwater. The affordability and accessibility of rice bran, coupled with its nutritional benefits, make it an ideal material for this purpose. Despite a lack of scientific reports on the drying of stickwater using drying aids for animal and aquatic feed, production of this innovative approach shows promise in increasing the nutritional value of rice bran while economically drying stickwater. The primary objective of this study was to determine the drying condition and

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

nutritional value of the resulting prototypes for use in animal, poultry, and aquatic feed. However, the obtained technical knowledge can solve the environmental problems related to the disposal of stickwater.

Methodology

The production process was conducted using a pilot-scale hot air dryer. After prototyping on a laboratory scale, by keeping the temperature of the dryer constant, different ratios of stickwater rice to bran flour (1:0.42, 1:0.65, and 1:1) were tested. The inlet air temperature was considered to be 65±5°C, and the heating continued until the moisture content of the product was below 8%. The yield percentage, proximate analysis including dry matter, crude protein, crude fiber, ether extract, ash, and pH, calcium, phosphorus, fatty acid profile, amino acid profile, total volatile nitrogen (TVB-N), and peroxide index were measured. The amount of nitrogen-free extract was also obtained by reducing the total percentage of moisture, fat, protein, fiber, and ash from 100. The insoluble fibers in acid detergent (ADF), non-protein nitrogen (NPN), insoluble nitrogen in acid detergent (ADIN), and neutral detergent insoluble fibers (NDF) were also assessed. Measurement of these indexes is important for ruminant nutritionists and was performed to evaluate the fiber components of the product and its nitrogen partitioning. The metabolizable energy of the product was also tested.

Results

The study found that increasing the ratio of rice bran led to a decrease in the percentage of crude protein in the final product and significantly reduced the drying time. The prototype with a ratio of 1 to 1 (rice bran to stickwater) exhibited the highest production efficiency (67.70%) and the lowest amount of moisture content (highest amount of dry matter), indicating its potential as an optimal feed supplementation. The highest amount of crude fat and the lowest amount of ash were observed in combination with a ratio of 0.42 to 1 (rice bran to stickwater), and the lowest amount of crude fat and the highest amount of ash were observed in the product with a ratio of 1 to 1 (rice bran to stickwater), which showed a significant difference with other samples (Table 1).

Table 1: The effect of the ratio of rice bran and stickwater on drying time (min), yield (%) and proximate analysis (%) of the prototypes*

Ratio of stickwater to rice bran	Drying time	Yield	Moisture	Protein	Fat	Ash
1:0.42	5^{a}±600	0.89^{b}±62.90	0.86^{a}±9.14	0.55^{a}±18.38	0.34^{a}±33.76	0.29^{c}±7.10
1:0.65	5^{b}±480	0.83^{b}±63.72	0.72^{b}±8.91	0.26^{b}±17.25	0.45^{b}±32.63	0.36^{b}±7.82
1:1	5^{c}±360	0.59^{a}±67.70	0.59^{c}±8.82	0.47^{c}±16.45	0.82^{c}±31.51	0.62^{a}±8.16

* Numbers are average of 3 replicates with standard deviation.
$^{a-c}$ Different letters show statistical significance in each column (p<0.05).

The amount of nitrogen-free extract in the optimal prototype (ratio of 1 to 1 rice bran to stickwater) was 23.96%. The lowest moisture content and the highest peroxide index and TVB-N were observed in the optimal product. The lowest amount of ash and the highest pH value was observed in stickwater, and the highest amounts of insoluble fiber in acid and acid detergent (ADF and NDF) were observed in common

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]

rice bran. In general, the results showed that the nutritional value of the optimal prototype was higher compared to stickwater and common rice bran. The levels of myristic, palmitoleic, heptadecanoic, arachidic, gadolic, margaric, stearic, vaccinic, eicosadienoic, eicosatrianoic, eicosapentaenoic (EPA), arachidonic, urosic, docosa-tetraanoic, docosapentaenoic, and docosahexaenoic (DHA) fatty acids in stickwater were significantly higher than rice bran and co-dried stickwater. The levels of all amino acids including aspartic acid, glutamic acid, serine, histidine, glycine, threonine, arginine, alanine, tyrosine, methionine, valine, phenylalanine, isoleucine, leucine and lysine in stickwater dried with rice bran were significantly higher than common rice bran and lower than stickwater. Apparent metabolizable energy (AME) and true metabolizable energy (TME) in the optimal prototype were 4012 and 4447 respectively.

Discussion and conclusion

One of the most important issues in developing livestock, poultry, and aqua feed is the amount of consumption energy in the production phase, which will directly affect the cost of the product. Increasing the drying time will lead to more energy consumption and consequently increase the cost of the product. On the other hand, this issue may also affect the quality of the product and can also show its negative effect on animal performance. Therefore, due to the importance of drying time and production efficiency, the product with a ratio of 1 to 1 (rice bran to stickwater) with the lowest drying time and the highest production efficiency was selected as the optimal prototype. The use of drying aids is one of the methods of drying liquids or materials with high humidity in the food industry and animal feed production. These materials have moisture absorption properties and are used to reduce the moisture of the material intended for drying and thus reduce the drying time. The use of these materials is very important from a technical and economic point of view because it saves energy while minimizing the quality loss of the product. Rice bran contains significant amounts of protein, fat, carbohydrates, and minerals, and as a result, it has desirable physicochemical properties for formulation and feed production. The use of this technology can improve the nutritional value of rice bran. The presence of proteins and lipids of marine origin in co-dried stickwater with rice brans has positive effects on feeding livestock, poultry, and aquatic animals. The innovative approach not only addresses environmental concerns related to stick water disposal but also offers a cost-effective solution for fishmeal production units in the country.

Conflict of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgment

The authors acknowledge the support provided by the Animal Science Research Institute of Iran and the Guilan Science and Technology Park.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-05-29]